

species have been reported as causal agents of leaf spots of pepper and tomato: *X. euvesicatoria*, *X. vesicatoria*, *X. perforans* and *X. gardneri*. Due to wide distribution and great damage at the global level, *X. euvesicatoria* is considered one of the most significant parasitic bacteria of pepper. Causal agent of the bacterial spot on tomato in Serbia is *X. vesicatoria*. Occurrence of both species is observed every year under Serbian agroecological conditions, mainly due to the cultivation of susceptible assortment and conditions which are suitable for disease development. The disease is seed transmitted and it can cause defoliation and crop degradation if conditions suitable for its development occur. Bacterial spot of pepper and tomato cannot be combatted easily and application of several cultivation practices including conventional or microbial preparations - biopesticides is therefore required. The existence of natural antagonists (bacteriophage) isolated from soil has been confirmed, which could be used for biological control of pepper bacterial spot. In the absence of effective preventive measures, the solution should be sought within an integrated approach - the synthesis of knowledge about the biology and epidemiology of the pathogen, crop production technology, as well as bactericidal effect of some natural agents.

Key words: pepper, tomato, *X. euvesicatoria*, *X. vesicatoria*

ZAŠTITA PAPRIKE I PARADAJZA OD PROUZROKOVAČA BAKTERIOZNE PEGAVOSTI LISTA I KRSTAVOSTI PLODOVA

Milan Šević¹, Katarina Gašić², Maja Ignjatov³, Aleksa Obradović^{4 1}

Hladnjače Brestovik, Grocka

²Institut za zaštitu bilja i životnu sredinu, Beograd

³Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

⁴Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Beograd

E-mail: sevicmilan@yahoo.com

Rad primljen: 21.12.2017.

Prihvaćen za štampu: 27.12.2017.

Izvod

Bakteriozna pegavost lista i krstavost plodova prouzrokovana *Xanthomonas* vrstama, je jedna od najrasprostranjenijih i ekonomski najznačajnijih bolesti paprike i paradajza u svetu. Usled nedostatka otpornih genotipova paprike i paradajza, pojave novih rasa bakterije, sojeva rezistentnih prema jedinjenjima bakra, sumnjivog kvaliteta semena i ograničenih mera kontrole, ova bakterioza predstavlja

ograničavajući faktor proizvodnje paprike u Srbiji. Kada vremenski uslovi pogoduju razvoju bolesti na biljkama paradajza, ova bakterioza može prouzrokovati velike gubitke usled smanjenja ukupnog prinosa i kvaliteta plodova koji nisu pogodni za industrijsku preradu. U zaštiti paprike i paradajza kod nas dominiraju hemijske mere borbe, odnosno korišćenje preparata na bazi jedinjenja bakra u kombinaciji sa etilen-bis-ditiokarbamatima koji ne obezbeđuju zadovoljavajući efekat zaštite. Antibiotici se ne mogu primenjivati usled zakonskih ograničenja u Evropskoj uniji. Integracijom pozitivnog efekta hemijskih metoda (bakarni preparati, aktivatori sistemne otpornosti) i različitih bioloških metoda (antagonistički sojevi bakterija, bakteriofagi) može se postići zadovoljavajući efekat zaštite. Priroda bioloških agenasa, kao i specifičan mehanizam dejstva aktivatora sistemne otpornosti, zahtevaju pažljivu optimizaciju vremena i broja tretmana kako bi se postigla maksimalna efikasnost.

Ključne reči: *Xanthomonas* spp., jedinjenja bakra, antibiotici, aktivatori sistemne otpornosti biljaka, antagonistički sojevi bakterija, bakteriofagi

UVOD

Paprika i paradajz, po ekonomskim parametrima i površinama koje zauzimaju na otvorenom polju i u zaštićenom prostoru, spadaju u najznačajnije povrtarske vrste u našoj zemlji. Plodovi paprike i paradajza se gaje za svežu potrošnju ali i za industrijsku preradu, kao i za tradicionalnu preradu u domaćinstvima. Proizvodnja paprike i paradajza u svetu trpi značajne gubitke usled redovne pojave bakterijske pegavosti lišća i krastavosti plodova. U Srbiji taj problem je još izraženiji usled problematičnog kvaliteta semena, nedovoljnog znanja proizvođača, nepostojanja adekvatne strategije zaštite i zabrane upotrebe antibiotika. Pri povoljnim uslovima za razvoj bolesti, zaštita paprike od ovih bakterija predstavlja stalan izazov, kako za proizvođače, tako i istraživače fitopatologe. U zaštiti paprike i paradajza u nas najčešće su u upotrebi preparati na bazi jedinjenja bakra, sami ili u kombinaciji sa etilen-bis-ditiokarbamatima (EBDC), koji ne obezbeđuju zadovoljavajući efekat zaštite. U novijoj literaturi pojavila su se istraživanja koja ukazuju da se integracijom pozitivnog efekta hemijskih tretmana (bakarni preparati, aktivatori sistemne otpornosti) i različitih bioloških mera (antagonistički sojevi bakterija, bakteriofagi) može postići odgovarajući efekat zaštite.

Xanthomonas spp.- patogeni paprike i paradajza

X. campestris pv. *vesicatoria* je patogen paprike i paradajza čiji su se nazivi menjali poslednje dve decenije zahvaljujući novim saznanjima i proučavanjima fitopatogenih bakterija (Jones et al., 2004; Obradović et al., 2004b). Prema najnovijoj sistematici *X. euvesicatoria*, *X. vesicatoria*, *X. perforans* i *X. gardneri* su odvojene, pojedinačne vrste sa svojim karakteristikama. Spadaju u klasu Gammaproteobacteria, red Xanthomonadales, familiju Xanthomonadaceae i rod *Xanthomonas*.

Bakterioznu pegavost paprike i paradajza u svetu može prouzrokovati *X. euvesicatoria*, *X. vesicatoria* i *X. gardneri*. Sojevi bakterije *X. perforans* do sada su

izolovani samo iz paradajza. Istraživanjima populacije *X. euvesicatoria* poreklom iz paprike u Srbiji utvrđeno je da su opšte rasprostranjene rase P7 i P8 (Ignjatov i sar., 2010; Gašić et al., 2011).

Bakterija napada sve nadzemne delove biljaka paprika, list, stablo, cvet i plod (Slika 1. A i B). Kod jače infekcije dolazi do opadanja mladih listova, cvetova i plodova (Slika 1. C i D), što se višestruko odražava na ukupan prinos. Na biljkama paradajza bakterija takođe napada list (Slika 2. A), stablo, cvast i plod. Često biva zahvaćena skoro cela površina ploda koja dobija dosta neugledan, krastav izgled, što umnogome umanjuje njegovu tržišnu vrednost (Slika 2. B). Ovakvi plodovi su neupotrebljivi i za industrijsku preradu, pošto se pomenute pege mogu naći u prerađevinama ostavljajući tako vrlo nepovoljan utisak, podsećajući ponekad na zagorele proizvode (pire na primer) (Arsenijević, 1997). Štete koje nanosi ova bakterioza usled smanjenja prinosa i kvaliteta plodova paradajza u SAD iznose i do 50%. U državi Florida koja je najveći proizvođač svežeg paradajza u SAD na površini od približno 44.600 ha za period 2007-2008. gubici prinosa iznosili su 31%. Finansijski gubitak, preračunat po hektaru, iznosi 7.725 američkih dolara (Vallad et al., 2010).



Slika 1. *Xanthomonas euvesicatoria*. Nekrotične pege sa oreolom na listu paprike (A i B). Nekrotične pege na peteljci ploda i plodu paprike (krastavost ploda) (C i D). Prirodna infekcija (Foto: M. Šević)



Slika 2. *Xanthomonas perforans*. Nekrotične pege na listu paradajza (A) (Foto: <http://nwdistrict.ifas.ufl.edu>). Nekrotične pege na plodu papradajza (krastavost ploda) (B) (Foto: <https://homyden.com>)

Vlažno i toplo vreme pogoduje širenju bolesti. Parazit se prenosi semenom i obolelim biljnim ostacima, na kojima se održava do sledeće vegetacije. Tada prvo nastaju zaraze sejanaca, a kasnije i odraslih biljaka. Upotreba semena koje je inficirano u veoma niskom procentu može pri povoljnim vremenski uslovima prouzrokovati bolest tipa epidemije u polju (Louws et al., 2001). Bakterija u biljku prodire kroz stome. Kišne kapi, vetar, a naročito voda prilikom zalivanja useva, pomažu širenju bolesti (Arsenijević, 1997).

MERE ZAŠTITE

Preventivne mere

Preventivne mere zaštite od prouzrokovala bakteriozne pegavosti paprike i paradajza obuhvataju primenu plodoreda, dezinfekciju zemljišta i supstrata za proizvodnju rasada, setvu zdravog sertifikovanog semena, upotrebu zdravog rasada, održavanje optimalnog temperaturnog i vodnog režima u zaštićenom prostoru, odstranjivanje biljnih ostataka, izbor parcele i sprovođenje odgovarajućih agrotehničkih mera, gajenje manje osetljivih sorti (Mijatović i sar., 2007; Obradović i sar., 2012).

Papriku i paradajz ne treba gajiti na istim parcelama gde su gajene predhodne godine. Preporučuje se najmanje trogodišnji plodored. Izabrati osunčane parcele na blagim kosinama. Za gajenje paprike i paradajza treba izbegavati parcele na senovitim mestima i parcele na kojima je duže zadržavanje jutarnje rose. Pod dezinfekcijom zemljišta podrazumeva se izlaganje zemljišta ili druge vrste hranljivih supstrata dejstvu fizičkih ili hemijskih činilaca u cilju uništavanja štetnih organizama koji se u njemu nalaze. Najčešće se sa uspehom primenjuje dezinfekcija zemljišta vodenom parom, hemijskim sredstvima i solarizacija. Preporučuje se setva zdravog sertifikovanog semena poreklom iz nezaraženih plodova, jer zaraženo seme predstavlja veoma čest izvor inokuluma za bakterioze.

U našim klimatskim uslovima paprika i paradajz se najčešće gaje proizvodnjom iz rasada. Proizvodnja zdravog i kvalitetnog rasada paprike i paradajza garantuje

uspeh proizvodnje (Mijatović i sar., 2007; Obradović i sar., 2012). Uništavanje biljnih ostataka, samoniklih biljaka i korovskih biljaka iz familije *Solanaceae* može u značajnoj meri sprečiti širenje inokuluma bakteriozne pegavosti paprike i paradajza (Jones et al., 1986).

Za pojavu oboljenja prouzrokovanih bakterijama, presudan uticaj imaju faktori spoljašnje sredine, među kojima su temperatura i vlažnost od presudnog značaja. Na ove faktore teško je ili nemoguće uticati pri gajenju biljaka na polju, ali je njihova regulacija od velikog značaja u kontroli bakterioza u zatvorenom prostoru. U toplim ležama, plastenicima i staklenicima održavati optimalni vodni i vazdušni režim. Bakteriozama odgovaraju uslovi visoke vlažnosti vazduha kada i nastaju najveće štete. Potrebno je objekte redovno provetravati (Mijatović i sar., 2007).

Pri đubrenju zemljišta koristiti optimalne i preporučene doze za papriku i paradajz. Veoma je korisno izvršiti analizu zemljišta na prisustvo određenih elemenata, pre svega azota, fosfora i kalijuma. Pri povećanim količinama azota biljke paprike i paradajza su veoma bujne, ali su istovremeno veoma osetljive na bakterioze. U periodu osetljivom za pojavu bakteriozne pegavosti, poželjno je izbegavati zalivanje orošavanjem i preći na zalivanje brazdama, jer se tako stvaraju manje povoljni uslovi za razvoj i širenje patogena. Preporučuje se i upotreba sistema za zalivanje kap po kap koji je sa aspekta preventivne zaštite biljaka najoptimalniji (Mijatović i sar., 2007; Obradović i sar., 2012).

Mnogi istraživači rade na pronalaženju i uvođenju gena otpornosti u selekciji paprike i paradajza prema ovoj bakteriozi, međutim u našoj zemlji još uvek na tržištu nisu prisutni otporni komercijalni genotipovi paprike i paradajza (Mijatović et al., 2004; Danojević i sar., 2016). Ni u svetu za sada ne postoji komercijalni genotip paradajza ili paprike koji je otporan na sve rase ovog patogena. Ignjatov i sar. (2012) proučili su osetljivost najčešće gajenih genotipova paprike u Srbiji prema najzastupljenijoj rasi (P8) bakterije *X. euvesicatoria*. Ovim istraživanjima potvrđeno je da su svi proučavani genotipovi paprike u našim uslovima ispoljili visok stepen osetljivosti prema ovoj rasi (Ignjatov i sar., 2012).

Suzbijanje prouzrokovala bakterioza paprike i paradajza može se uspešno sprovesti samo integrisanim merama zaštite (Balaž, 2005; Obradović i sar., 2012). One obuhvataju skup navedenih preventivnih mera kojima se smanjuje rizik od nastanka infekcije. Ukoliko i pored primene navedenih preventivnih mera ipak dođe do infekcije biljaka, preostaje hemijska zaštita biljaka u polju.

U zaštiti paprike i paradajza kod nas dominiraju hemijske mere borbe, odnosno korišćenje preparata na bazi jedinjenja bakra, koji ne obezbeđuju zadovoljavajući efekat zaštite (Obradović et al., 2004a).

Hemijske mere

Primena preparata na bazi jedinjenja bakra

Najčešće se primenjuju preparati na bazi bakar-sulfata, bakar-hidroksida i bakar-oksihlorida, sami ili u kombinaciji sa etilen-bis-ditiokarbamatima (EBDC)

kao što su maneb i mankozeb. Kombinacija bakarnih preparata i EBDC fungicida ima sinergističko delovanje u suzbijanju bakterioza povrća. Rezultatima istraživanja mnogih autora potvrđeno je da su preparati na bazi bakra samostalno primenjeni manje efikasni od njihovih kombinacija sa EBDC fungicidima. Usled učestale primene preparata na bazi bakra, registrovani su sojevi *X. euvesicatoria* tolerantni na sva bakarna jedinjenja ili slabo osetljivi na kombinaciju sa EBDC fungicidima (Marco and Stall, 1983; Pernezny et al., 1995). Bakarni preparati se nanose na biljne organe preventivno u vidu zaštitnog filma, tako da se onemogućava prodor patogena u unutrašnjost biljnog tkiva.

Zbog toga je od izuzetnog značaja primena prvih tretmana neposredno pre pojave bolesti, kao i u odgovarajućim intervalima u toku osetljivog perioda vegetacije (Janjić, 2005). U cilju suzbijanja bakterioza paprike i paradajza, preporučuje se upotreba bakarnih preparata u intervalima 7-10 dana zavisno od vremenskih uslova, sve dok traje period pogodan za ostvarenje infekcije.

Upotreba bakarnih preparata u povrtarstvu je u stalnom porastu, najčešće su u upotrebi kao fungicidi i baktericidi. Međutim, usled nagomilavanja ostataka jedinjenja bakra u zemljištu, postoje inicijative za smanjenje njihove upotrebe. Evropska unija je iz navedenih razloga ograničila količinu primene ovih jedinjenja u organskoj proizvodnji povrća na 6 kg/ha u toku jedne godine. Ranija zakonska regulativa je dozvoljavala upotrebu 8 kg/ha. Slične inicijative za smanjenje upotrebe bakarnih preparata pokrenute su širom sveta (EC direktiva No. 473/2002;).

Ignjatov i saradnici proučavali su osetljivost sojeva *X. euvesicatoria* prema različitim koncentracijama bakar-sulfata *in vitro*. Rezultati oglada ukazali su na moguću pojavu rezistentnosti bakterije na navedeno jedinjenje bakra. Razlog pojave rezistentnosti proučavanih sojeva prema ovom jedinjenju leži u širokoj i često upotrebi ovih preparata u kontroli mikoza i bakterioza u našoj zemlji (Ignjatov i sar. 2010).

Eksperimentalnih podataka o hemijskim suzbijanju bakteriozne pegavosti paprike u uslovima otvorenog polja u domaćoj literaturi ima veoma malo. Milijašević i sar. (2006) su proučavali efikasnost bakarnih preparata (bakar-hidroksid i bakar-oksiklorid) u suzbijanju bakteriozne pegavosti paprike u uslovima otvorenog polja. U ovim eksperimentima bakarni preparati su ispoljili zadovoljavajuću efikasnost na svim lokalitetima primene. U eksperimentima u toku 2005. godine, fungicid na bazi bakar-oksiklorida (Cuprozin 35 WP) je ispoljio efikasnost od 74,3-78,7%, a preparat na bazi bakar-hidroksida (Blauvit) 74,6-78,9%. U ogledima izvedenim tokom 2006. godine, najveću efikasnost (86,1-89,1%) ispoljio je bakar-hidroksid (Fungohem SC). Na osnovu ovih istraživanja autori preporučuju navedene bakarne preparate za uspešno suzbijanje bakteriozne pegavosti paprike u našim klimatskim uslovima (Milijašević i sar., 2006).

Primena etilen-bis-ditiokarbamata (EBDC)

Ditiokarbamati kao baktericidi i fungicidi, po spektru dejstva i efikasnosti, su slični bakarnim preparatima, ali zbog lakoće pripreme i primene, smanjene fitotoksičnosti, kao i osobine da se mogu mešati sa mnogim drugim pesticidima, ditiokarbamati su počeli da potiskuju bordovsku čorbu. Ekspanzija upotrebe ovih jedinjenja kao baktericida nastaje otkrićem bis-ditiokarbamata, maneba (1950) i mankozeba (1961). Nakon pojave novih aktivnih supstanci i otkrića određenih toksikoloških problema vezanih za upotrebu ditiokarbamata i karcinogenih svojstava njihovih metabolita u nekim zemljama dolazi do smanjenja njihove upotrebe (Janjić, 2005).

U suzbijanju bakterioza povrća, od etilen-bis-ditiokarbamata najčešće su u upotrebi maneb i mankozeb u kombinaciji sa preparatima na bazi bakra. Mogući karcinogeni efekti, doveli su do restrikcije primene ditiokarbamata i primorali istraživače da tragaju za alternativnim sredstvima zaštite (Janjić, 2005; Abbasi and Waselowski, 2015).

Primena antibiotika

Antibiotici su selektivne mikrobne supstance koje nastaju kao proizvodi biološke sinteze pojedinih mikroorganizama i u malim dozama inhibiraju rast i menjaju metabolizam drugih organizama. Više od polovine danas poznatih antibiotika su proizvodi aktinomiceta (končastih bakterija) iz roda *Streptomyces*, nekoliko antibiotika proizvode bakterije iz roda *Bacillus*, dok su ostali proizvod metabolizma gljiva iz rodova *Penicillium* i *Cephalosporium* (Janjić, 2005). Pedesetih godina prošlog veka, ubrzo nakon pojave antibiotika u humanoj medicini, počela su istraživanja u cilju primene streptomicina u zaštiti bilja. Međutim, ubrzo nakon uvođenja streptomicina u zaštitu bilja, pojavili su se rezistentni sojevi fitopatogenih bakterija što je uslovalo ograničavanje njihove upotrebe. U nekim zemljama, primena streptomicina je ograničena na primenu u usevu paprike i paradajza kao prvi tretman nakon rasađivanja, dok drugi autori preporučuju upotrebu antibiotika samo u proizvodnji rasada (Schwartz and Gent, 2005). Antibiotici su registrovani za upotrebu u zemljama Severne i Južne Amerike, Japanu i Tajvanu, dok u zemljama Evropske unije, kao i u našoj zemlji, njihova primena u zaštiti bilja nije dozvoljena.

U svetu najčešće primenjivani antibiotici za suzbijanje bakteriozne pegavosti su streptomicin i kasugamicin. Ovi antibiotici poseduju sistemična svojstva, biljka ih apsorbuje i transportuje; imaju preventivno i kurativno delovanje, ali su izuzetno fotodegradibilni. Primena streptomicina u usevu paradajza i paprike za suzbijanje *X. euvesicatoria* bila je kratkotrajna, jer je već početkom šezdesetih godina prošlog veka, otkrivena rezistentna populacija ove bakterije (Stall and Thayer, 1962). Kasugamicin je takođe antibiotik iz grupe aminoglikozida, registrovan za primenu u suzbijanju mikoza i bakterioza (Yamaguchi, 1998). Otkriven je 1965. godine u Japanu, za potrebe suzbijanja bakterioza pirinča, nalazi se u prometu u obliku kasugamicin hidrokksida, ali i kao mešavina sa bakar-oksihloridom u nekoliko preparata (Kasumin, Kasumin

2L, Kasumin L EC, Kasumin 8 WP). Primenjuje se isključivo u poljoprivredi, nije uveden u primenu u medicini i veterinarskoj medicini (Vallad et al., 2010).

Od zemalja u našem okruženju registrovan je u Mađarskoj za suzbijanje prouzrokovala bakteriozne pegavosti lišća paprike. Primenjuje se kontrolisano kada prognozno-izveštajne službe daju preporuku i ne može se kupiti u slobodnoj prodaji. Postoji opasnost od pojave ukrštene rezistentnosti između ova dva antibiotika jer imaju isti mehanizam delovanja (Woodcock et al., 1991).

Jedna od poteškoća vezanih za upotrebu baktericida odnosi se na učestalu pojavu sojeva patogena koji su otporni na dejstvo ovih jedinjenja. Otporni sojevi patogena nastaju selekcijom rezistentnih ili virulentnijih populacija kao posledica dugotrajne i nekontrolisane primene baktericida (Ritchie and Dittapongpitch, 1991). Prvi podaci o pojavi rezistentnih sojeva na antibiotike potiču iz 1954. godine, samo nekoliko godina nakon početka njihove primene. Iako su količine antibiotika koje se koriste u zaštiti bilja zanemarljive u odnosu na količinu upotrebljenih antibiotika u humanoj medicini i veterini, sve veći broj populacija bakterija patogena čoveka i životinja razvija rezistentnost. Procesom konjugacije (razmene genetičkog materijala) moguće je prenošenje gena rezistentnosti na antibiotike između bakterija (Russi et al., 2008). Minsavage i saradnici (1990) su potvrdili da se konjugacijom može preneti gen otpornosti na streptomycin na sojeve *X. campestris* pv. *vesicatoria*.

U ranijim istraživanjima osetljivosti sojeva poreklom iz Srbije u *in vitro* uslovima prema bakar-sulfatu i streptomycinu, utvrđeno je da su primenjene koncentracije streptomicina i bakar-sulfata potpuno zaustavile razvoj kolonija na hranljivoj podlozi (Obradović i sar., 2000). Novija istraživanja Ignjatov i sar. (2010) ukazuju da je populacija sojeva *X. euvesicatoria* poreklom iz Srbije osetljiva na streptomycin-sulfat. Međutim, upoređivanjem rezultata iznetih u ovom radu sa rezultatima Obradovića i saradnika (2000), može se konstatovati da je u periodu od 2000-2010. godine došlo do pojave rezistentosti patogena prema bakar-sulfatu i jednim delom prema kasugamicinu, što posebno zabrinjava.

S obzirom da antibiotici u našoj zemlji nisu registrovani u zaštiti bilja, nekontrolisana i nelegalna upotreba antibiotika je ekološki neopravdana i može dovesti do pojave rezistentnih sojeva patogena, što je potvrđeno i ovim rezultatima (Ignjatov i sar., 2010).

Primena aktivatora sistemичne otpornosti

Indukovana sistemična otpornost biljaka (Systemic Acquired Resistance, SAR) može biti indukovana patogenima koji prouzrokuju nekrozu biljnog tkiva, patogenima inkompatibilnim sa biljkom domaćinom, biološkim aktivatorima i hemijskim jedinjenjima. Salicilna kiselina i 2,6-dihlor-izonikotinska kiselina (INA) su opisane kao prvi hemijski aktivatori otpornosti. Ova jedinjenja utiču na aktiviranje sistemične otpornosti mnogih biljnih vrsta, međutim zbog njihove fitotoksičnosti za većinu biljaka primenjivani su samo u eksperimentalne svrhe (Conrath et al., 1995). Prvi komercijalno primenjen aktivator sistemične otpornosti je acibenzolar-S-metil

(ASM, Syngenta Crop Protection Inc.). Još uvek nije registrovan za upotrebu u našoj zemlji. Prednost upotrebe ASM je mogućnost istovremenog aktiviranja sistemčne otpornosti biljaka u zaštiti od fitopatogenih bakterija, fitoplazmi, virusa i gljiva. ASM nema direktan uticaj na patogene već aktivira prirodne biohemijske procese u biljci, pri čemu one postaju otporne na patogene. ASM poseduje odličan potencijal za suzbijanje bakterijske pegavosti paprike i paradajza, međutim neka istraživanja su pokazala da može ispoljiti negativan efekat na ove gajene biljke i njihov ukupan prinos, tako da postoje ograničenja u preporukama za njegovu primenu (Louws et al., 2001).

Obradović i sar. (2004a; 2005) proučavali su efikasnost aktivatora otpornosti (acibenzolar-S-metil, harpin proteina). Eksperimenti su izvedeni u uslovima staklenika i polja tokom tri uzastopne godine u centralnoj i severnoj Floridi u uslovima suptropske klime. ASM je efikasno aktivirao otpornost tretiranih biljaka paradajza prema *X. c. pv. vesicatoria*, sprečavajući u potpunosti pojavu karakterističnih simptoma bolesti. Ovaj tretman, u kombinaciji sa bakteriofagima poslužio je kao osnova za razvoj strategije integralne zaštite paradajza od prouzrokovala bakterijske pegavosti u polju (Obradović i sar., 2005).

Efikasnost bioloških i hemijskih baktericida u suzbijanju prouzrokovala bakterijske pegavosti paprike proučavali su Šević i sar. (2016). Ogledi su izvedeni u uslovima veštačke inokulacije sojem *X. euvesicatoria*, KFB 13. Primena ASM pokazala se kao izuzetno efikasna u kontroli bakterijske pegavosti paprike u kontrolisanim uslovima. Efikasnost ASM-a bila je na istom nivou sa primenjenim antibioticima i standardnim bakarnim preparatima, primenjenim samostalno ili u kombinaciji sa mankozebom.

Biološke mere borbe

Primena antagonističkih sojeva bakterija

Biološka kontrola bakterijske pegavosti prouzrokovane rasom T1 može se postići upotrebom antagonističkog soja *X. c. vesicatoria* rase T3 (Jones et al., 1998). Sa uspehom se mogu koristiti i druge antagonističke bakterije kao što su *Pseudomonas syringae* Cit 7, *Pseudomonas putida* B56, *Pseudomonas fluorescens*, *Serratia* sp. i različitim sojevima *Bacillus* sp. (Mirik et al., 2008; Ji et al., 2006). Međutim, živa priroda bioloških agenasa zahteva pažljivu optimizaciju vremena i broja tretmana i usaglašavanje sa konvencionalnim tretmanima, kako bi se postigla maksimalna efikasnost.

Obradović i sar. (2005) proučavali su suspenzije bakterija sojeva antagonista (*Pseudomonas syringae* Cit 7, *Pseudomonas putida* B56) i potencijalnih stimulatora rasta biljaka (*Bacillus pumilus* B 122, *Pseudomonas fluorescens* B130 (PGPR - plant growth promoting rhizobacteria) u zaštiti od *X. c. pv. vesicatoria* u usevu paradajza sorte Florida 47. Sojevi bakterija stimulatora rasta i antagonisti nisu ispoljili značajan efekat u zaštiti paradajza od bakterijske pegavosti u uslovima veštačke inokulacije

u stakleniku. Ovakav rezultat ukazuje na ograničeni spektar aktivnosti i malu konkurentsku sposobnost ovih sojeva u navedenim uslovima.

Ji i sar., (2006) su proučavali integralnu bilošku kontrolu bakteriozne pegavosti paradajza u uslovima staklenika i otvorenog polja. U ogledima su koristili biološke agense i PGPR- sojeve bakterija. Sojevi PGPR korišćeni su u ovoj studiji na osnovu njihovog kapaciteta da indukuju otpornost prema bakterioznoj pegavosti paradajza. Folijarni tretman biološkim agansom *P. syringae* soja Cit7 je bio najefikasniji od tri primenjena biološka agensa, ostvarujući značajno umanjeње intenziteta bakteriozne pegavosti paradajza u dva od tri poljska eksperimenta. Ovim rezultatima je potvrđeno da neki sojevi PGPR mogu aktivirati sistemičnu otpornost paradajza u poljskim uslovima.

Efikasnost biološkog baktericida Serenade (*Bacillus subtilis* QST 713), bakar-hidroksida i njihove kombinacije u suzbijanju bakteriozne pegavosti paradajza proučavali su Abbasi i Waselowski (2015). Ogledi su izvedeni u uslovima otvorenog polja u Londonu, Ontariju (Kanada). Vodena suspenzija preparata Serenade primenjenog samostalno umanjila je intenzitet oboljenja u tri od četiri uzastopne sezone koliko su trajala istraživanja.

Primena bakteriofaga

U pogledu primene bakteriofaga najznačajniji rezultati postignuti su integracijom bakteriofaga u novu strategiju zaštite paradajza od bakteriozne pegavosti, i to na oglednim poljima Florida Univerziteta, u području subtropske klime koja povoljno utiče na nastanak i razvoj ovog oboljenja (Obradović et al., 2004a; 2005).

Ispitivan je uticaj formulisanja bakteriofaga radi povećanja njihove efikasnosti i perzistentnosti u spoljnoj sredini (Balogh et al., 2003). Proučavanjem više potencijalnih supstanci, utvrđeno je da se efikasnost faga značajno povećava formulisanjem obranim mlekom u prahu i saharozom neposredno pre upotrebe suspenzije faga za zaštitu paradajza od bakteriozne pegavosti (Balogh et al., 2003; Obradović et al., 2004a). Prilagođavanjem vremena aplikacije pokazalo se da se tretmanima biljaka u sumrak, pred zalazak sunca, može izbexi negativan uticaj dnevnog svetla i značajno produžiti opstanak faga, čime se povećava šansa za ostvarenje kontakta faga sa bakterijom domaćinom (Jones et al., 2002, 2007).

Rezultati oglada izvedenih u stakleniku (Obradović et al., 2005) i tokom tri sezone na polju (Obradović et al., 2004a), ukazali su da primena selekcionisanih sojeva bakteriofaga, formulisanih obranim mlekom i saharozom, u kombinaciji sa aktivatorima sistemične otpornosti biljaka, pruža efikasnu zaštitu paradajza čak i u uslovima subtropske klime.

Šević i sar. (2016) proučavali su efikasnost suspenzije faga u kontroli bakteriozne pegavosti paprike. Ogledi su izvedeni u stakleniku i fitokomori. Efikasnost suspenzije faga KΦ 1 (10^{10} PFU/ml) proučena je tretiranjem veštački inokulisanih biljaka paprike. Rezultati israživanja su pokazali da se primenom faga neposredno pred inokulaciju biljaka paprike može značajno smanjiti intenzitet bakteriozne

pegavosti u uslovima staklenika i fitokomore. Uprkos navedenim rezultatima za sada je primena bakteriofaga u zaštiti paprike još uvek u eksperimentalnoj fazi.

ZAKLJUČAK

Proizvodnja paprike i paradajza u nas trpi značajne gubitke usled gajenja osetljivog sortimenta, široke rasprostranjenosti populacije patogena iz roda *Xanthomonas* i klimatskih uslova koji pogoduju pojavi bakterijske pegavosti lista i krastavosti plodova u jačem intenzitetu. Problem je još izraženiji zbog upotrebe nedeklarisanog semena, nesprovođenja preventivnih mera i nedovoljnog znanja proizvođača. Usled nedostatka efikasnih baktericida, kao i zabrane upotrebe antibiotika, istraživači tragaju za novim alternativnim rešenjima za suzbijanje bakterijske pegavosti paprike i paradajza. Integracijom pozitivnog efekta različitih hemijskih i bioloških metoda može se postići odgovarajući efekat zaštite paprike i paradajza od bakterijske pegavosti. Biološke metode (primena bakteriofaga i antagonističkih sojeva bakterija) i neke novije alternative (aktivatori sistemске otpornosti) ukazuju na mogućnost razvoja efikasne strategije za kontrolu *Xanthomonas* spp.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekata: III46008 "Razvoj integrisanih sistema upravljanja štetnim organizmima u biljnoj proizvodnji sa ciljem prevazilaženja rezistentnosti i unapređenja kvaliteta i bezbednosti hrane", TR31059 "Novi koncept oplemenjivanja sorti i hibrida povrća namenjenih održivim sistemima gajenja uz primenu biotehničkih metoda" koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, i projekta COST Action CA16107 EuroXanth: Integrating science on Xanthomonadaceae for integrated plant disease management in Europe.

LITERATURA

- Abbasi, P. A., Weselowski, B., (2015): Efficacy of *Bacillus subtilis* QST 713 formulations, copper hydroxide, and their tank mixes on bacterial spot of tomato. *Crop Prot.* 74, 70–76.
- Arsenijević, M. (1997): Bakterioze biljaka. S-print, Novi Sad.
- Balogh, B., Jones, J. B., Momol, M. T., Olson, S. M., Obradović, A., King, B., Jackson, L. E. (2003): Improved Efficacy of Newly Formulated Bacteriophages for Management of Bacterial Spot of Tomato. *Plant Disease* 87, 949-954.
- Balaž, J. (2005): Seme kao izvor primarnog inokuluma za nastanak bakterioza povrća i integrisane mere zaštite. *Pesticidi i fitomedicina*, 20 (2): 79 - 88.
- Conrath, U., Chen, Z., Ricigliano, J. R., Klessig, D. F. (1995): Two inducers of plant defense responses, 2, 6-dichloroisonicotinic acid and salicylic acid, inhibit catalase activity in tobacco. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 92(16), 7143-7147.
- Danojević, D., Medić-Pap, S., Ignjatov, M., Červenski, J. (2016): Otpornost paprike prema prouzrokovaču bakterijske pegavosti - značajan zadatak oplemenjivanja. *Biljni lekar*, 44(4), 303-308.

- EC Commission Regulation No 473/2002 of 15 March 2002 amending Annexes I, II and VI to Council Regulation (EEC) No 2092/91 on organic production of agricultural products and indications referring thereto on agricultural products and foodstuffs, and laying down detailed rules as regards the transmission of information on the use of copper compounds.
- Gašić, K., Ivanović, M. M., Ignjatov, M., Čalić, A., Obradović, A. (2011): Isolation and characterization of *Xanthomonas euvesicatoria* bacteriophages. *Journal of Plant Pathology*, 93, 415-423.
- Ignjatov, M., Gašić, K., Ivanović, M., Šević, M., Obradović, A., Milošević, M. (2010): Karakterizacija sojeva *Xanthomonas euvesicatoria*, patogena paprike u Srbiji. *Pesticidi i fitomedicina*, 25(2), 139-149.
- Ignjatov, M., Šević, M., Gašić, K., Jovičić, D., Nikolić, Z., Milošević, D., Obradović, A. (2012): Proučavanje osetljivosti odabranih genotipova paprike prema prouzrokovajućim bakterioznoj pegavosti. *Ratarstvo i povrtarstvo*, 49, 177-182.
- Janjić, V. (2005): Fitofarmacija, Društvo za zaštitu bilja Srbije, Beograd
- Ji, P., Campbell, H. L., Kloepper, J. W., Jones, J. B., Suslow, T. V., Wilson, M., (2006): Integrated biological control of bacterial speck and spot of tomato under field conditions using foliar biological control agents and plant growth-promoting rhizobacteria. *Biol. Control*. 36, 358-367.
- Jones, J. B., Pboronezny, K. L., Stall, R. E., Jones, J. P. (1986): Survival of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* in Florida on tomato crop residue, weeds, seeds, and volunteer tomato plants. *Phytopathology*, 76, 430-434.
- Jones, J. B., Bouzar, H., Somodi, G. C., Stall, R. E., Pernezny, K. (1998): Evidence for the preemitive nature of tomato race 3 of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* in Florida. *Phytopathology*, 88, 33 - 38.
- Jones, J. B., Obradović, A., Balogh, B., Momol, M. T., Jackson, L. E. (2002): Control of bacterial leaf spot on tomato with bacteriophages. *Phytopathology*, 92, 108
- Jones, J. B., Lacy, H. G., Bouzar, H., Stall, E. R., Schaad, W. N. (2004): Reclassification of the *Xanthomonads* Associated with Bacterial Spot Disease of Tomato and Pepper. *System. Appl. Microbiol.*, 27, 755-762.
- Jones, J. B., Jackson, L. E., Balogh, B., Obradović, A., Iriarte, F. B., Momol, M. T. (2007): Bacteriophages for plant disease control. *Annual Review of Phytopathology*, 45, 245-262.
- Louws, E. J., Wilson, M., Cambell, H. L., Cuppeles, D. A., Jones, J. B., Shoemaker, P. B., et al. (2001): Field control of bacterial spot and bacterial speck to tomato and pepper. *Plant Disease*, 85, 481-488.
- Marco, G. M., Stall, R. E. (1983): Control of bacterial spot of pepper initiated by strains of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* that differ in sensitivity to copper. *Plant Disease*, 67, 779-81.
- Minsavage, G. V., Canteros, B. I., Stall, R. E. (1990): Plasmid-mediated resistance to streptomycin in *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. *Phytopathology*, 80, 719-23.
- Mirik, M., Aysan, Y., Cinar, O. (2008): Biological control of bacterial spot disease of pepper with *Bacillus* strains. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32 (5), 381 - 390.
- Mijatović M., Zečević B., Cvikić D., Obradović A. (2004): Diseases of pepper in Serbia and results of breeding for resistance. XII Meeting on Genetics and Breeding of Capsicum and Eggplant, Noordwijk, Netherlands. Book of abstracts: 187.

- Mijatović, M., Obradović, A., Ivanović, M. (2007): Zaštita povrća. AgroMivas, Smederevska Palanka.
- Milijašević, S., Rekanović, E., Todorović, B., Stepanović, M. (2006): Efikasnost bakarnih preparata u suzbijanju *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, prouzrokovача bakterijske pegavosti lišća paprika. *Pesticidi i fitomedicina*, 21(4), 305-310.
- Obradović, A., Arsenijević, M., Mavridis, A., Rudolph, K. (2000): Patogene i biohemijsko fiziološke karakteristike sojeva *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* patogena paprike u Srbiji. *Zaštita bilja*, 51 (1 - 2), 157 - 175.
- Obradović, A., Jones, J. B., Momol, M. T., Balogh, B. and Olson, S. M. (2004a): Management of Tomato Bacterial Spot in the Field by Foliar Applications of Bacteriophages and SAR Inducer. *Plant Disease*, 88, 736-740.
- Obradović A., Mavridis A., Rudolph K., Janse J.D., Arsenijević M., Jones J.B., Minsavage G.V., Wang J.F. (2004b): Characterization and PCR-based typing of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* from peppers and tomatoes in Serbia. *European Journal of Plant Pathology*, 110, 285-292.
- Obradović, A., Jones, J. B., Momol, M. T., Olson, S. M., Jackson, L. E., Balogh, B., Guven, K. and Iriarte, F. B. (2005): Integration of Biological Control Agents and Systemic Acquired Resistance Inducers Against Bacterial Spot of Tomato. *Plant Disease*, 89, 712-716.
- Obradović, A., Moravčević, Đ., Sivčev, I., Vajgand, D., Rekanović, E. (2012): Priručnik za integralnu proizvodnju i zaštitu paradajza. Institut za primenu nauke u poljoprivredi, Beograd.
- Pernezny, K., Kudela, V., Kokosková, B., Hládka, I. (1995): Bacterial diseases of tomato in the Czech and Slovak Republics and lack of streptomycin resistance among copper - tolerant bacterial strains. *Crop Protection*, 14 (4), 267 - 270.
- Russi, S., Boer, R., Coll, M. (2008): Molecular machinery for DNA translocation in bacterial conjugation. *Plasmids: Current Research and Future Trends*: Caister Academic Press, Cambridge, UK, 183-214.
- Ritchie, D. F., Dittapongpitch, V. (1991): Copper- and streptomycin-resistant strains and host differentiated races of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* in North Carolina. *Plant Disease*, 75, 733-736.
- Schwartz, H.F., Gent, D.H. (2005): Bacterial Spot. Eggplant. Pepper and Tomato, XXIV, <http://highplainsipm.org/HpIPMScareh/Docs/BacterialSpotEggplantPepperTomato.htm>
- Stall, R. E., Thayer, P. L. (1962): Streptomycin resistance of the bacterial spot pathogen and control with streptomycin. *Plant Disease*, 45, 389-92.
- Šević, M., Gašić, K., Đorđević, M., Ignjatov, M., Mijatović, M., Zečević, B., Obradović, A. (2016): Efficacy of biocontrol agents and bactericides in control of pepper bacterial spot. *Proceedings VI Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes - Acta Horticulturae*, 1142, 147-150.
- Vallad, G. E., Pernezny, K. L., Balogh, B., Wen, A., Figueiredo, J. F. L., Jones, J. B., Momol, T., Muchovej, R., Havranek, N., Abdallah, N., Olson, S. (2010): Comparison of kasugamycin to traditional bactericides for the management of bacterial spot on tomato. *HortScience*, 45(12), 1834-1840.

- Woodcock, J., Moazed, D., Cannon, M., Davies, J., and Noller, H. F., (1991): Interaction of antibiotics with A- and P-site-specific bases in 16S ribosomal RNA. EMBO J. 10, 3099-3103.
- Yamaguchi, I. (1998): Fungicidal Activity in : Chemical and Biological Approaches to Plant Protection, ed. Hutson, D.H. and Miyamoto, J., Wiley, Chichester, UK, pp. 57-85.

Abstract

CONTROL OF PEPPER AND TOMATO BACTERIAL SPOT

Milan Šević¹, Katarina Gašić², Maja Ignjatov³, Aleksa Obradović⁴

¹Cold storages Brestovik, Grocka

²Institute for Plant Protection and Environment, Belgrade

³ Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad

⁴University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Belgrade

E-mail: sevicmilan@yahoo.com

Bacterial spot of pepper and tomato caused by *Xanthomonas* species, is one of the widespread and economically most important diseases of pepper and tomato. Due to the lack of resistant pepper and tomato genotypes, the emergence of new races of bacteria, and strains resistant to copper compounds, questionable seed quality and limited control practices, these bacteria are limiting pepper production in Serbia. On tomato plants, under favourable weather conditions for disease development, these bacteria can cause major damage reflected in overall yield as well as in fruit quality. The protection of pepper and tomato, based on chemical methods such as use of copper-based compounds in combination with ethylene-bis-dithiocarbamates, do not provide a satisfactory disease control. Use of antibiotics in plant protection is not permitted in the EU as well as in Serbia. However, results of many authors show that satisfactory control of bacterial spot can be achieved by integrating positive effect of chemical treatments (copper compounds, systemic resistance activators) and various biological methods (antagonists, bacteriophages). However, nature of biological agents, as well as the specific mechanism of action of the systemic resistance activators, require careful optimization of the time and number of treatments in order to achieve maximum efficiency.

Key words: *Xanthomonas* spp. copper compounds, antibiotics, systemic acquired resistance, antagonists, bacteriophages